УДК 007:631.2

Л.В. БОРИСОВА

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПОДСИСТЕМЫ «КОНСТРУКЦИЯ» ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРОННЫЙ ЭКСПЕРТ»

Рассмотрена архитектура одной из подсистем экспертной системы для регулировки и поиска неисправностей в зерноуборочных комбайнах.
Ключевые слова: *экспертная система, зерноуборочный комбайн, регулировка, неисправности.*

Введение. Процессы регулировки рабочих органов сельскохозяйственных машин и поиска причин неисправностей в агрегатах и системах машины неразрывно связаны с конструкцией машины. Знания о конструкции машины являются "платформой" для экспертной системы, решающей задачи оптимальной регулировки и поиска неисправностей. Таким образом, представление знаний о конструкции машины должно предшествовать и служить базой для дальнейшей формализации и структуризации знаний в рассматриваемых предметных областях.

Формализация знаний. Зерноуборочный комбайн представляет собой множество К, состоящее из конечного числа элементов. Существуют различные способы задания множеств [1]. Так как в нашем случае множество К конечно, то К можно задать простым перечислением его элементов - деталей (g_i): К={g_1, g_2, ..., g_i, ..., g_n}. Другими словами, К={планка, кронштейн, сегмент, палец, ...}. При этом число элементов множества К называют его мощностью ($|K|$).

Следует отметить, что конкретный комбайн является объектом совокупности более высокого иерархического уровня. Тогда удобно зафиксировать совокупность допустимых объектов явным образом и считать, что рассматриваемые множества являются подмножествами этой совокупности, которая называется универсумом, т.е. множество комбайнов ("СК-5М", "Дон-1500", "Вектор" и др.) является подмножеством универсума "Зерноуборочная техника".

Другой способ определения множества К основан на представлении зерноуборочного комбайна как совокупности агрегатов и систем, например, жатка, молотилка, измельчитель и т.д. В этом случае множество К определяется как объединение множеств A_i. Если A_i - это агрегаты, из которых компонуется комбайн, то

$$K=\{A_1, A_2, ..., A_n\} \text{ или } K=\bigcup_{i=1}^{n} A_i . \quad (1)$$

Элементы множества находятся в некоторых отношениях между собой или с элементами других множеств. Так, множество деталей жатвенной части, например {A_1}, является подмножеством К, то есть $A_1 \in K$, или $A_2 \in K$ (где A_2 – множество элементов электронной системы управления и контроля параметров рабочих органов комбайна). Точно так же $A_{11} \in A_1$, то есть множество деталей мотовила (A_{11}) является подмножеством жатвенной части (A_1).

Согласно аксиоме регулярности [2] любая убывающая последовательность отношений множество-элемент является ограниченной. Этой аксиомой устанавливается, что иерархическая структура комбайна ограничена снизу, то есть в структуре имеется самый крайний элемент. Иначе говоря, существуют единичные множества (детали). Этот факт важен при рассмотрении области применения экспертной системы и, соответственно, уровне дробления / обобщения предметных областей для обработки информации. Например, в полевых условиях мы можем рассматривать как единичное множество отдельный агрегат гидросистемы (или блок АСК) и при поиске причин неисправностей в данной системе ограничиться фактом установления отказа именно этого агрегата (блока) и дальнейший поиск прекратить.

Имеет место тесная связь между операциями над множествами и логикой предикатов. Для выражения логических связей между различными понятиями и утверждениями целесообразно использовать язык логики предикатов. Предикат представляет собой логическую функцию P(x), принимающую значения 0 или 1 (ложь или истина) в зависимости от состояния аргумента [1]. Значения аргумента x выбирается из некоторого множества M объектов ($x \in M$). В общем случае нижеприведенную функцию называют n-местным предикатом:

$$P(x_1, x_2, ..., x_n). \qquad (2)$$

В выражении (2) аргументы x_1, x_2, ..., x_n называются предметными переменными: например, "x – деталь", "x – сборочная единица", "x – агрегат" – это одноместные предикаты P(x); "x состоит из y и z" – трехместный предикат P(x,y, z). Конкретные значения аргументов называют предметными постоянными. Предметные переменные и предметные постоянные образуют класс логических понятий, называемых термами.

При описании конструкции сельскохозяйственной машины представлять информацию об объекте целесообразно посредством предикатов: consist (из чего состоит); work (как работает); function (какую функцию выполняет); place (место нахождения); character (техническая характеристика; grafik (графическое изображение).

В общем случае состав машины описывается многоместным предикатом consist:

consist(A,[B,C,Д,...]). (3)

Здесь A - аргумент, представляющий название машины или ее узла; [B,C,Д,...] - список основных агрегатов, узлов или деталей машины соответственно. Далее можно записать:

consist(B,[B1,B2,B3,...,Bn]), (4)

где B1,B2,B3,...,B_n- список основных сборочных единиц агрегата B.

Для описания местонахождения агрегатов, рабочих органов или механизмов машины используется предикат place:

place (A,AP), (5)

где A – аргумент, представляющий название агрегата, рабочего органа или механизма; AP - аргумент строкового типа, раскрывающий ориентацию объекта с именем A относительно направления движения машины и указывает базовую точку отсчета. В частном случае схема ориентации предусматривает в качестве точек отсчета базовые объекты, например: комбайн, жатка, молотилка, кабина:

place(жатка, (спереди, по оси, внизу комбайна)).

Для описания работы рабочих органов и механизмов используется предикат work:

work (A,AW), (6)

где AW - аргумент, представляющий собой словарную статью, в которой раскрываются принцип работы устройства, последовательность действий отдельных его частей и т.п. Например, work(жатка). При перемещении жатки вращающееся мотовило подводит стебли к режущему аппарату, который срезает их. Далее срезанные стебли за счет сил инерции и воздействия мотовила поступают на шнек жатки, который направляет срезанную массу в центр жатки. Образованный шнеком валок растительной массы поступает в наклонную камеру, предварительно пройдя через проставку, которая служит для уплотнения валка.

Близкий по смыслу к предикату work предикат function кратко описывает назначение рабочего органа или механизма. В общем виде данный предикат имеет вид:

function(A,AF), (7)

где AF - аргумент, раскрывающий функцию, которую выполняет объект A.

Например, function(бункер,накапливает зерновую смесь).

Для изучения технической характеристики объекта используем предикат character:

character (A,AC), (8)

где AC - аргумент, представляющий словарную статью, содержащую основные характеристики объекта. Например, character(молотильный барабан, длина_1200_мм, диаметр_800_мм, число бичей_10) и т.д.

Совокупность выражений (3) – (8) представляет собой модель объекта, представленной группой предикатных формул. Таким образом, информация о конструкции исследуемого объекта может быть описана в одинаковой форме, что очень важно при формализации предметной области и представлении информации на машинных носителях.

Описание работы комбайна представляется двухместным предикатом:

$$Q(x,y),$$

где Q - предикат выполнять; $x \in K$, а $y \in \Phi$, где Ф - множество выполняемых работ различными рабочими органами (механизмами, машинами и т.д.). Предикат Q описывает упорядоченное множество, для задания которого вводится понятие кортежа (вектора). По сути дела, предикат Q представляет собой набор упорядоченных пар рабочий орган - функция и называется кортежем длины два или бинарным. Декартовым произведением множеств $K \bullet \Phi$ будем называть множество C, состоящее из всех кортежей длины n.

Предикаты, которые используются в представлении знаний, обычно являются предложениями. С использованием кванторов общности $\forall$ и существования $\exists$ можно определить составную формулу логики предикатов, называемую правильно построенной формулой (ППФ) [1]. В общем случае применение квантора к n-местному предикату превращает его в (n-1)-мерный предикат.

Выражение $\forall x\ \exists y Q(x,y)$ превращается в высказывание: любой рабочий орган (агрегат и т.д.) что-то выполняет (истинно). При этом аргумент x принадлежит описываемому ранее универсуму, а $y \in \Phi$.

Высказывание типа "жатка включает в себя мотовило, которое обеспечивает подвод растений к режущему аппарату" на символическом языке логики предикатов будет иметь вид:

$$\exists y(\text{включает}(x,y) \wedge \text{выполнять}(y,z)).$$

Здесь x - жатка; включает(x,y) - жатка включает y; выполнять(y,z) - рабочий орган выполняет z; y - мотовило; z - словарная статья с описанием работы рабочего органа.

Таким образом, рассмотренный математический аппарат позволяет формализовать, структурировать знания о конструкции машины (понятия и их связи) и представить их на машинных носителях в виде формализмов (на каком-либо языке программирования).

Структура подсистемы «Конструкция». Для достижения поставленной цели разработана структура интеллектуальной информационной системы (экспертной системы), которая содержит как традиционные блоки, так и специальные (рис.1).

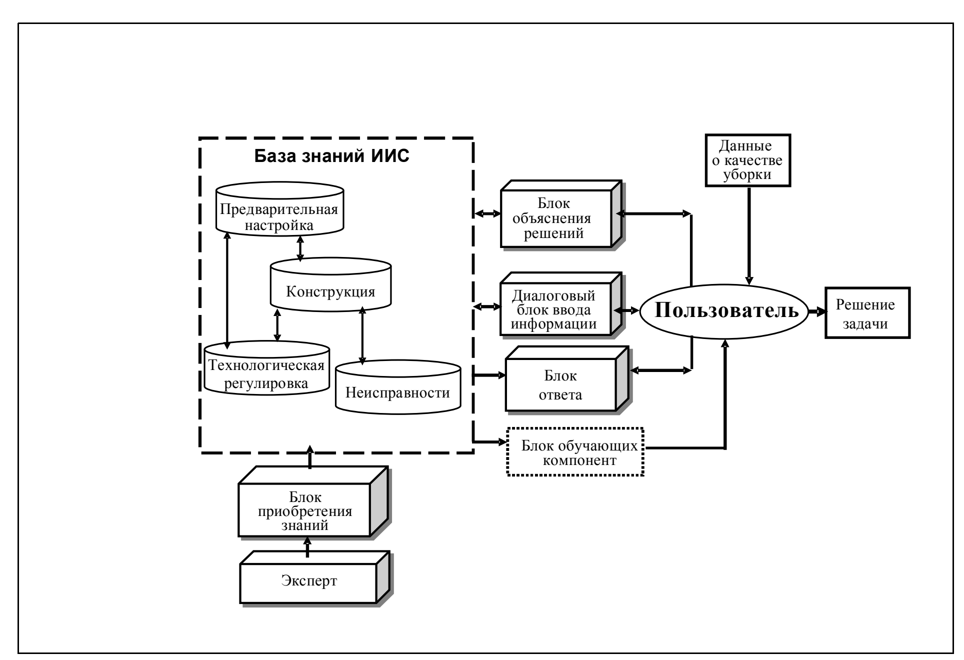


Рис.1. Структурная схема аппаратно-программного комплекса «Электронный эксперт»

Пользовательский интерфейс является одной из важнейших компонент любого программного продукта, рассчитанного на широкое применение. В рассматриваемой ИИС используются три типа диалогов: диалог типа меню; диалог типа вопрос-ответ; диалог на основе экранных форм. Сценарий диалога с пользователем представлен в виде древовидного графа диалоговых процедур, в котором корневой элемент графа является точкой инициализации диалога, а терминальные элементы точками выхода. Помощь пользователю вызывается указанием курсора на строку в меню. При этом предоставляется текстовая информация о работе системы и о возможных действиях пользователя. Большое внимание необходимо уделять разработке эффективного интерфейса с пользователем, так как зачастую

у пользователя нет достаточно развитых навыков работы на ПК. Поэтому наличие подсистемы помощи (подсказок) становится актуальной [3]. Структурирование информации обеспечило не только последовательную работу с текстом, как при обычном чтении, но и произвольный доступ к другим элементам (текст, графика). В ИИС используются подсистемы мультимедиа, которые существенно увеличивают наглядность и позволяют облегчить работу пользователей, непривычных к использованию компьютеров [4].

Описание конструкции сельскохозяйственной машины является связующим звеном между подсистемами «Предварительная настройка», «Корректировка технологических регулировок». Программа состоит из двух блоков: оболочка и база данных [5-7]. Оболочка – программа, которая, используя стандартные методы обработки данных, производит выборку элементов из базы данных, их добавление, корректировку и удаление, а также формирует древовидную структуру из таблицы, представленной в базу данных (БД).

Оболочка представляет собой формализованные процедурные знания, а БД – декларативные знания о конструкции машины. Пользователь всегда видит только оболочку.

Для удобства восприятия данные представляются в древовидной структуре (рис.2). Особенностью данной структуры являются отношения

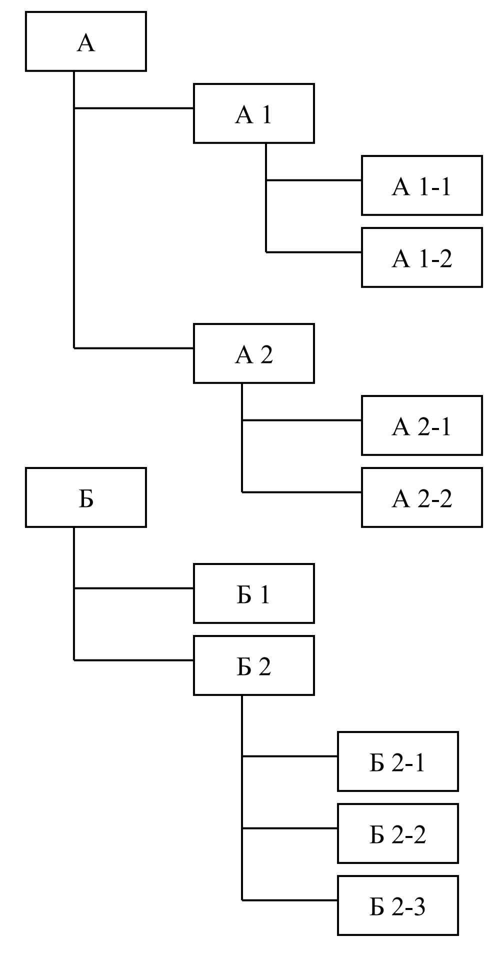


Рис.2. Древовидная структура

«родитель - потомок». Например, элемент «А 1» является потомком «А», и следовательно, «А» является родителем «А 1». Любой элемент может иметь неограниченное количество потомков. В рамках решаемой задачи потомками будут считаться только прямые потомки, т.е. «А 1» и «А 2» - потомки «А»; «А 1-1» и «А 1-2» - потомки «А 1», но не «А». Данное замечание имеет место, поскольку для построения дерева из таблицы надо знать только индекс текущего элемента и индекс его родителя. Представленные на рисунке элементы «А» и «Б» являются корневыми потому, что не имеют родителей.

Данные отношения позволяют представить древовидную структуру в виде одной таблицы, что необходимо для хранения данных в БД. Для примера структура, изображенная на рис.2, представлена в виде табл.2.

Таблица 2

Поля базы данных

Номер*	Родительский	Название	Описание	Рисунок
1	0	А		
2	0	Б		
3	1	А 1		
4	1	А 2		
5	2	Б 1		
6	2	Б 2		
7	3	А 1-1		
8	3	А 1-2		
9	4	А 2-1		
10	4	А 2-2		
11	6	Б 2-1		
12	6	Б 2-2		
13	6	Б 2-3		

Поле «Номер» во избежание ошибок должно быть автоинкрементным, т.е. каждое новое значение должно быть на единицу больше, чем последнее добавленное (а не последнее существующее). Важно отметить, что если добавить в пустую таблицу сто записей, а затем удалить пятьдесят, то следующее добавленное значение должно быть с номером «101», но не «51».

В том случае, если у многих родителей в качестве потомка встречается один и тот же элемент, то этот элемент должен быть продублирован для каждого предка соответственно. Если данное условие является неприемлемым, то необходимо менять структуру БД по ситуации. Например, добавлять поле «Номер родителя № 2», «Номер родителя № 3» и т.д., но это вызовет множество сложностей, которые надо предусмотреть (такие, как каскадное удаление). В родителе удаляемого предка происходит очистка поля «Номер родителя № 2» вместо его полного удаления.

Структура «Родитель» – «Потомок» делает возможным точную идентификацию любой записи. Заполнение такой таблицы осуществляется следующим путем:

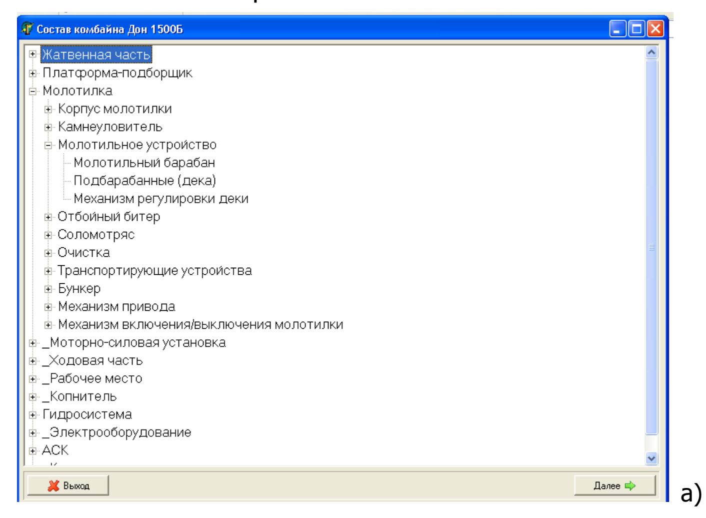
- Заполняются все коренные элементы (уровень 1). В табл.2 коренные элементы имеют номера 1 и 2. Родительский номер у коренных элементов должен быть меньше наименьшего номера среди всех элементов, т.е. для родительского элемента был выбран ноль.
- Заполнить все элементы, у которых родителем является коренной элемент (уровень 2).

- Заполняются все элементы, у которых родитель – элемент уровня 2.
- … до последнего уровня.

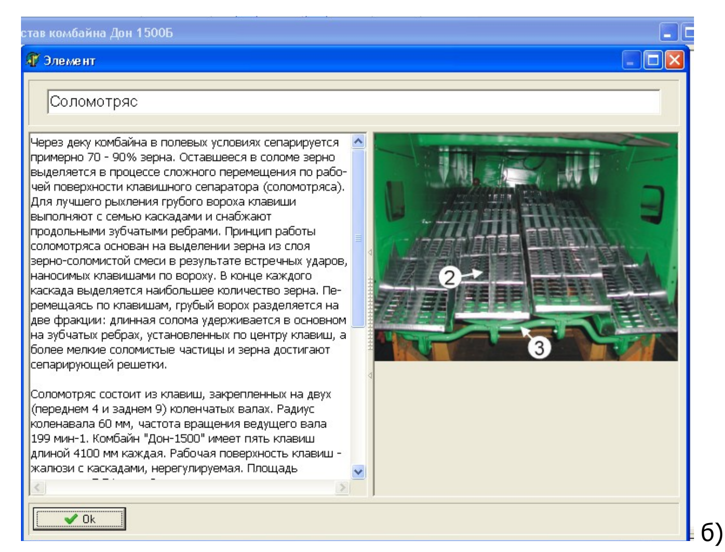
Формат «Paradox 7» позволяет хранить форматированный многострочный текст в самой БД. Для этого выделен специальный тип поля – Formatted Memo, а для рисунков и фото – Graphic. Дополнение такой таблицы осуществляется путем добавления в конец таблицы строки со следующими значениями полей: автоинкрементный номер, номер родителя, название, описание, картинка.

При добавлении нового элемента пользователь должен выбрать родителя, указать название, ввести описание и назначить картинку. При редактировании элемента номера остаются неизменными. Доступно для редактирования только название, описание и картинка. При удалении элемента из БД удаляются и все его потомки, и потомки потомков (вся ветка). Номера удаленных элементов больше никогда не могут быть использованы в БД. Новым элементам нужно присваивать новые (не использованные номера).

На рис.3 представлен вид окна интерфейса пользователя при изучении конструкции машины, а на рис.4 приведен пример экрана для редактирования базы знаний экспертом.



а)



б)

Рис.3. Вид окна пользователя при изучении конструкции машины:
а – древовидная структура; б – текстовая статья и рисунок; 1 – клавиша; 2 – вал

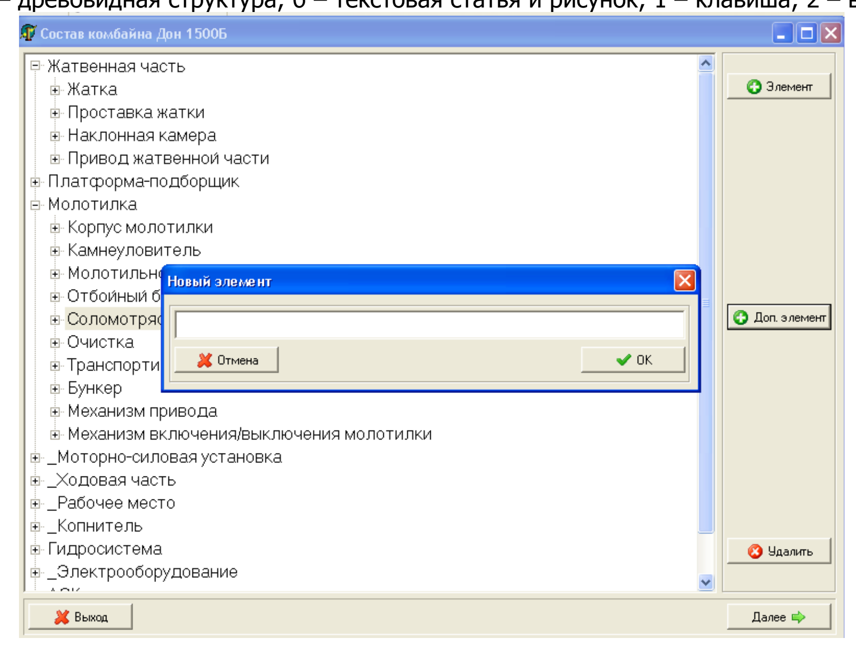


Рис.4. Пример экрана для редактирования базы знаний экспертом

Заключение. Созданные на основе модели база знаний и механизм вывода решений составляют основу интеллектуальной информационной системы, использование которой в практических условиях позволяет снизить время на технологические простои и сократить потери урожая. Практической реализаций разработанных алгоритмов является создание программных средств для автоматизированного решения задачи, на которые получены 4 свидетельства на интеллектуальную собственность (№ 2006613272, №2006612454, № 2006613274, № 2007610651). Использование экспертной системы в практических условиях при проведении технологической на-

стройки с использованием ЭС позволило уменьшить затрачиваемое время в 2 – 5 раза по сравнению с традиционными методами.

Библиографический список

1. Представление и использование знаний / под ред. Уно Х. – М.: Мир, 1989. – 220 с.

2. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера / В.П. Сигорский. – Киев: Техника, 1975. – 768 с.

3. Коутс Р. Интерфейс "человек-компьютер"; пер. с англ. / Р.Коутс, И.Влейминк. – М.: Мир, 1990. – 502 с.

4. Чернышев Ю.О. Исследование вариантов оптимизации информационного обеспечения САПР СБИС, в том числе и нанометровой геометрии, при помощи методов эволюционной и параметрической адаптации. / Ю.О. Чернышев, Н.Н. Венцов. // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР»– Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. – 2008. – №5 (82).

5. Борисова Л.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006613273. Навигатор по электрической схеме комбайна для пользователя / Л.В.Борисова, В.П. Димитров, В.М. Марков. – № 2006612454, заявл. 17.07.06, зарег. 15.09.06.

6. Борисова Л.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006613274. Навигатор по конструкции зерноуборочных комбайнов для пользователя / Л.В.Борисова, В.П. Димитров, В.М. Марков, Димитров Е.В. – № 2006612455, заявл. 17.07.06, зарег. 15.09.06.

7. Борисова Л.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007611656. Система ввода информации по конструкции зерноуборочного комбайна / Л.В.Борисова, В.П.Димитров, В.М.Марков, Е.В.Димитров. – № 2007610651, заявл. 20.02.07, зарег. 20.04.07.

Материал поступил в печать 10.02.09.

L.V. BORISOVA

«ELECTRONIC EXPERT» EXPERT SYSTEM SUBSYSTEM'S «DESIGN» CONSTRUCTION FEATURES

One of the expert system for maintenance service of combine harvester subsystem's structure will be carried out.

БОРИСОВА Людмила Викторовна, заведующая кафедрой «Экономика и менеджмент в машиностроении» РГАСХМ, доктор технических наук (2008), профессор. Окончила РГАСХМ (1991).
Сфера научных интересов: статистика, системы информационного обеспечения жизненного цикла продукции, менеджмент качества.

Имеет 195 научных публикаций (в том числе 11 учебных пособий и монографий).

moment04@yandex.ru